



Enseignements post-catastrophe

Mission post-sismique : séismes d'Amatrice et d'Aquila

Dominique BATISTA Chef de service géotechnique et mécanique des sols
Anne DUCHEZ Chargée d'étude bâtiment et risques



Cerema Méditerranée

20 septembre 2018 – Portes ouvertes du Cerema Méditerranée

Séismes d'Accumoli, Visso et Norcia

Effets géologiques induits,
Ouvrages géotechniques,
Routes et infrastructures,



RAPPORT

de la mission post-sismique
sur le séisme des Apennins du 24 août 2016 (Italie centrale)

Octobre 2016



Séismes d'Accumoli, Visso et Norcia aspects mouvements de terrain

De nombreuses instabilités rocheuses affectent le réseau routier



Amplification d'instabilités déjà connues
Fragilisation du matériel et augmentation de la
sensibilité pour des dynamiques ultérieures



Chutes de blocs de l'ordre de 5 m^3
ayant entraîné la fermeture de la route

Séismes d'Accumoli, Visso et Norcia

Glissements de terrain

glissements affectant le village de Pescara del Tronto

Village construit en bord d'une falaise de plus de 20m de hauteur

- Sol présentant une cohésion précaire (imbrication)



Amorce d'un mécanisme de rupture de la falaise identifiée après le séisme du 24 août :

-  endommagement



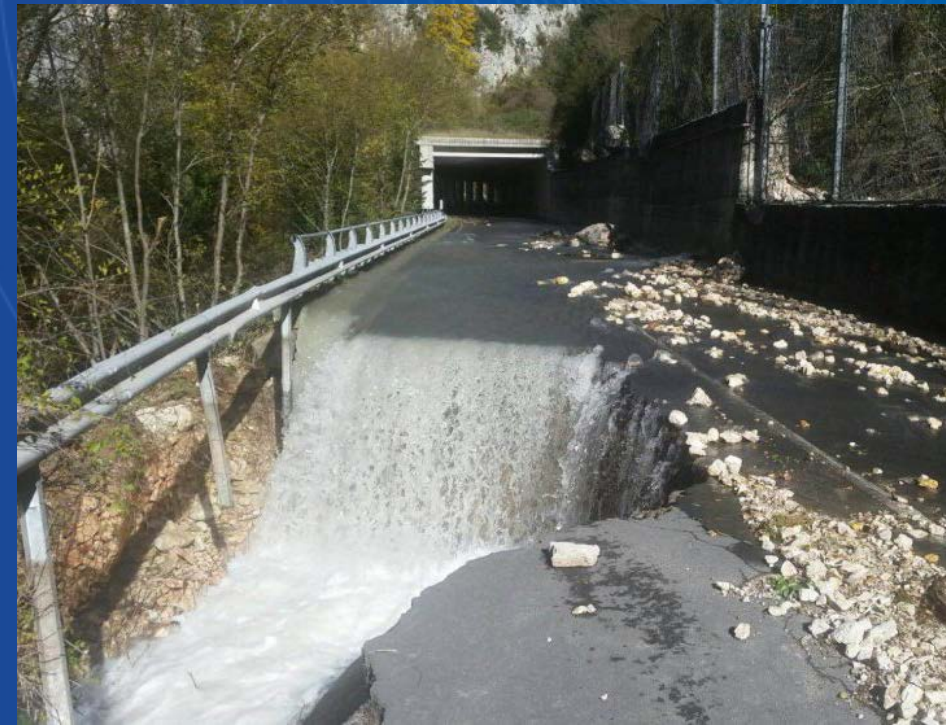
Puis rupture fragile de la falaise par déversement (séisme du 30 octobre)

- disparition de la cohésion
- retour à une pente résiduelle de sol

Séismes d'Accumoli, Visso et Norcia

Glissements de terrain

glissements affectant la SP209 entre Visso et Norcia (séisme de fin octobre)



175mm de pluie en octobre sur Visso
27mm en aout : pas de rupture ...



Glissement de terrain de grande ampleur

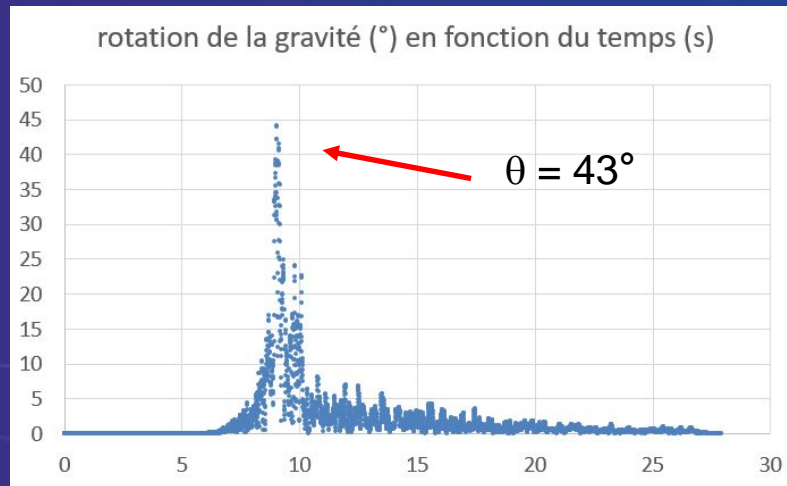
- favorisé par un contexte pluvieux (≠ 24 aout)
- a modifié le cours du Fiume Nera
- chaussée envahie par le cours d'eau et ensevelie par le pied du glissement
- empêchant toute circulation et compliquant toute intervention

Séismes d'Accumoli, Visso et Norcia

Effets induits : ouvrages de soutènement

Séisme du 24 août sur Amatrice :
rotation de la gravité de 43° !

=> Phénomène d'expulsion des blocs



Rupture d'un mur par déversement

- rupture du mur sans rupture du sol soutenu !
 - Cohésion des sols non saturés
 - Rupture par action inertielle seule



Séismes d'Accumoli, Visso et Norcia

Effets induits : ouvrages d'art

Désordres sur les murs en retour du pont A Tre Occhi sur la SR260 à Amatrice



- déversement de la partie haute du mur
- décollement des blocs disposés au parement
 - affaissement de 20cm de la chaussée
 - zone clouée montrant un bon fonctionnement (murs et tympans)

déversement du mur en retour de 9m

- rupture par cisaillement des contreforts
- structure de mur peu compatible avec une telle hauteur sauf renforcement par clouage ...

➡ ouvrage fermé à la circulation

Séismes d'Accumoli, Visso et Norcia

Effets induits : quelques conclusions

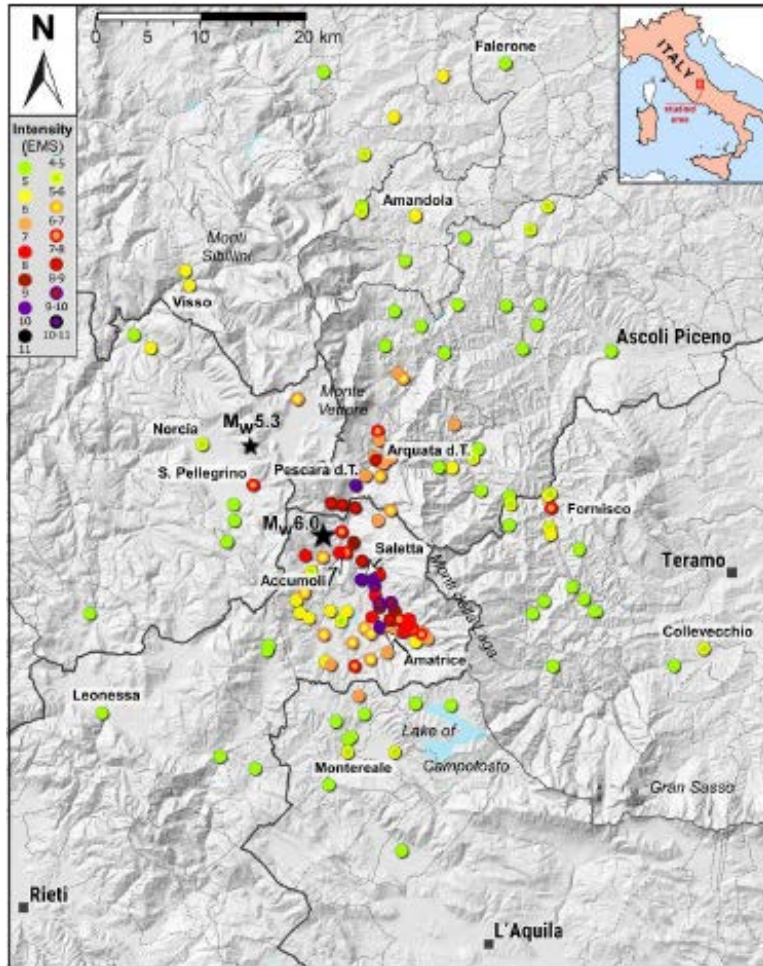
Conclusions et retours d'expériences géotechniques

- endommagements géotechniques et structurels liés aux successions de séismes permettant d'expliquer des ruptures fragiles
- faible saturation des sols expliquant le relatif « bon » comportement des versant et murs lors du séisme d'aout
- influence forte des précipitations sur le déclenchement de grands glissements (fin octobre)
- Pour les murs :
 - peu de ruptures par glissement et poinçonnement (approches déplacement Newmark, faible saturation des sols ?)
 - beaucoup de rupture par déversement et expulsions des blocs (actions inertielles, faiblesses constructives)
- Efficacité du clouage pour améliorer le comportement des ouvrages maçonnés au déversement et pour améliorer l'intégrité des murs type « muratura a sacco »



Intensité macrosismique

Amatrice : 2500 habitants - 200 victimes



Avant séisme



Après séisme

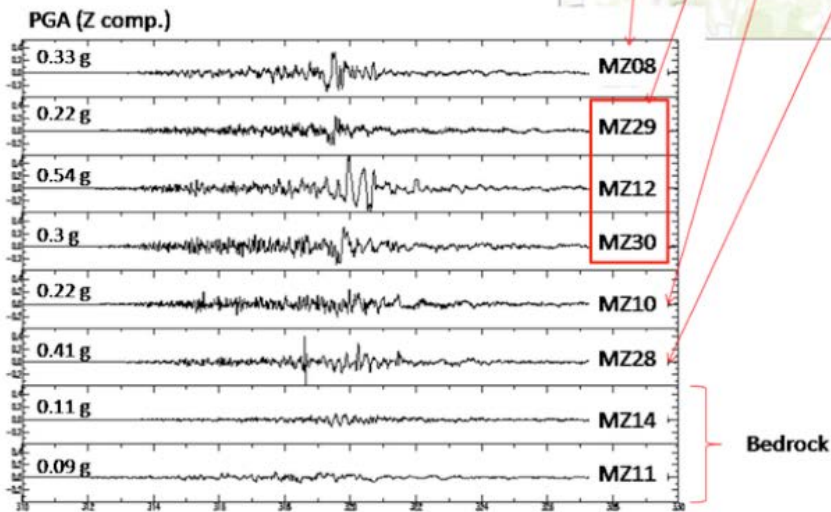
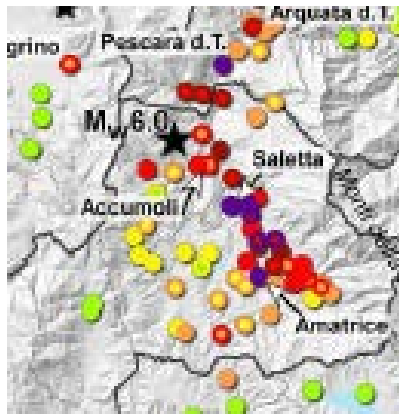
Pescara del Tronto : 137 habitants - 50 victimes

Avant séisme

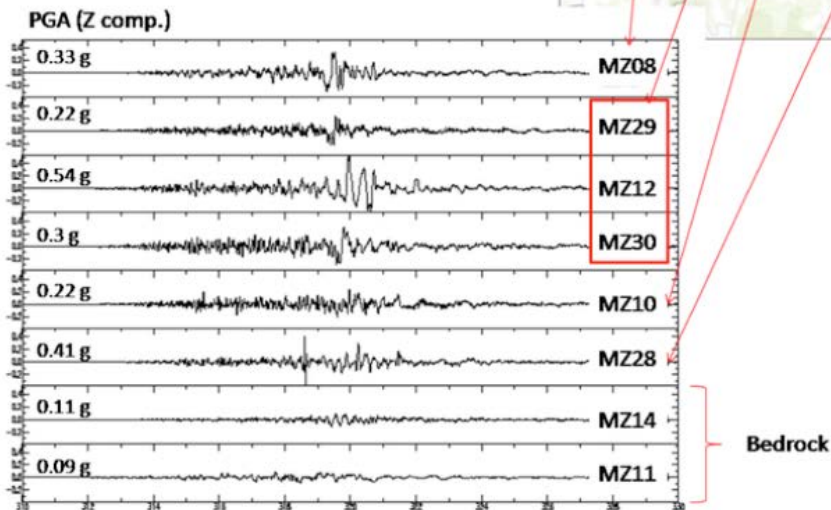
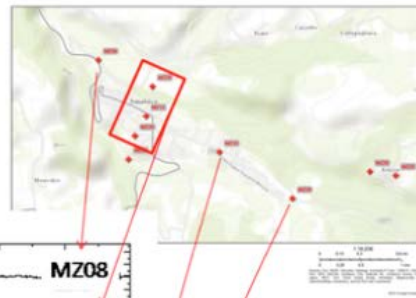
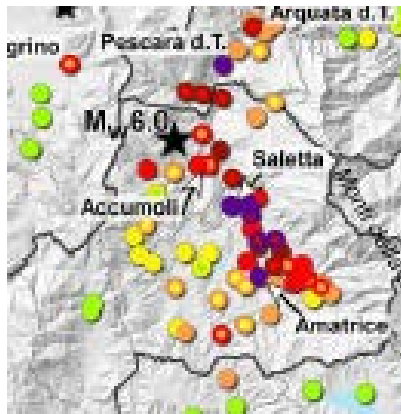


Après séisme

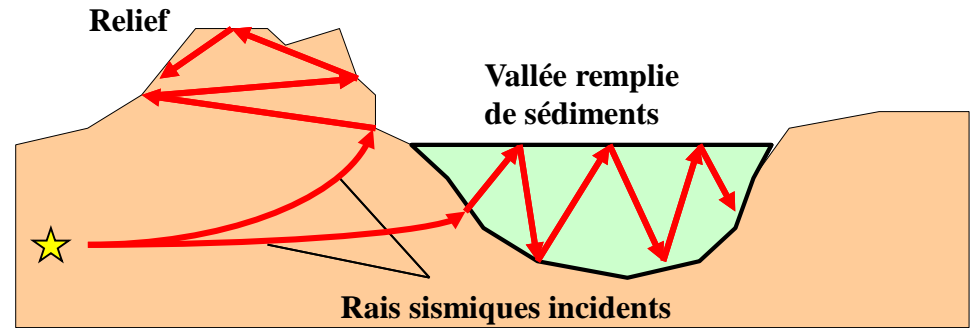
Amplification - aléa



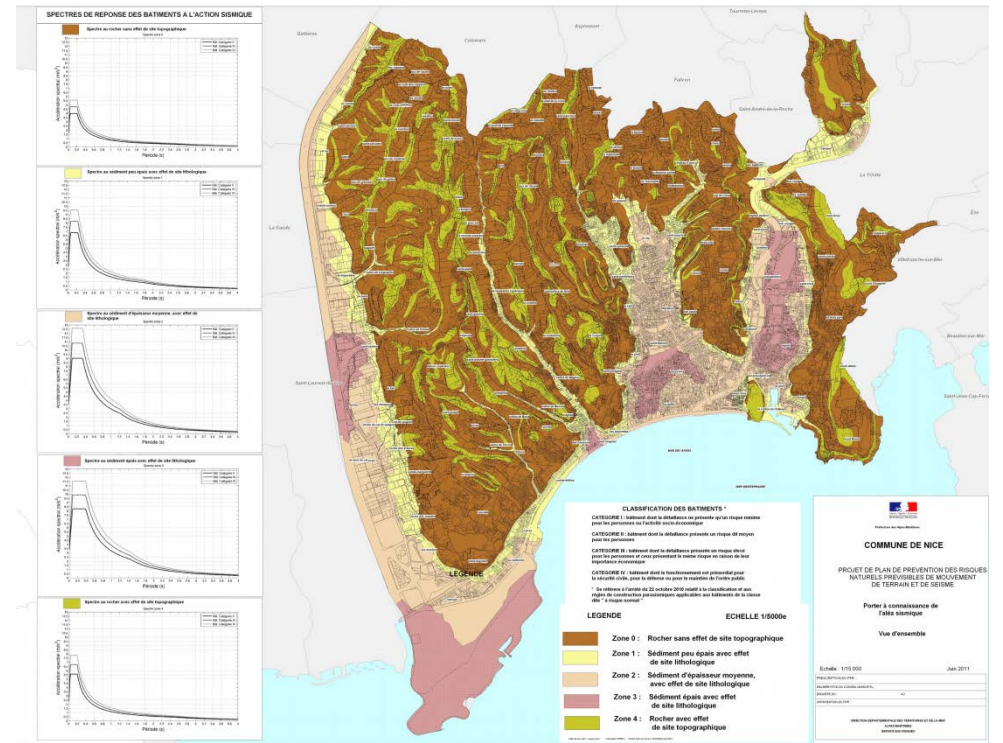
Amplification - aléa



Une cause – les effets de site



Une solution – le microzonage



Effets sur les structures

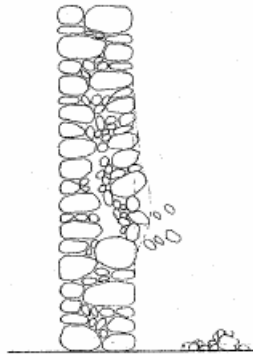
Chainage



Diaphragme



Tirants



Effets sur les structures

Renforcements de structures

Renforcement des maisons individuelles

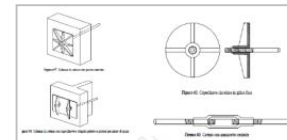
TYPOLOGIE N° 1

MAISON EN PIERRE

PRESENTATION
Maison isolée ou mitoyenne, utilisation exclusive des matériaux locaux jusqu'à la fin du XIX siècle, puis utilisation de plus en plus de produits manufacturés. Construction durable en général, de qualité architecturale modeste à grande. Nombre de niveaux : R+1+Combles à R+2+Combles

IMPLANTATION
En zone rurale, maisons isolées dans les zones rurales ou dans les faubourgs des agglomérations. Dans des zones urbanisées comme les quartiers anciens des bourgs et des villes on trouve plutôt des maisons mitoyennes.

MORPHOLOGIE
Généralement plan rectangulaire, mais variable selon les régions, et parfois malaxement des extensions. Généralement une façade principale avec ouvertures (côté rue).



Etude des bâtiments stratégiques

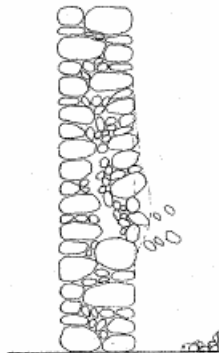


Caserne d'Amatrice

Chaînage



Tirants



Diaphragme



Gestion des itinéraires

Confortement d'urgence
pour garantir l'itinéraire



Accès à Pescara del Tronto
endommagé suite au séisme
d'août 2016



Gestion des itinéraires

Confortement d'urgence
pour garantir l'itinéraire



Accès à Pescara del Tronto
endommagé suite au séisme
d'août 2016



Outil d'évaluation des itinéraires

SISMOA

Évaluation préliminaire du risque
sismique sur les ouvrages d'art



- Itinéraires les plus sensibles
- Évaluation sommaire de vulnérabilité des ouvrages
- Diagnostics détaillés et projets de renforcement

Merci de votre attention



Norcia 16 octobre 2016 avant l'effondrement de la basilique San Benedetto (séisme du 30 octobre 2016)

Contacts :

Dominique BATISTA – dominique.batista@cerema.fr – 04 42 24 78 53

Anne DUCHEZ – anne.duchez@cerema.fr – 04 42 24 71 50